

채소 부산물과 표고 수확후 배지를 활용한 퇴비 제조방법

김익영 · 국승우 · 육희정 · 윤민호 · 김성철*

충남대학교 농업생명과학대학 생물환경화학과

Compost Production using Vegetable Waste and Spent Oak Mushroom Substrate (SMS)

Eui-Yeong Kim, Seung-Woo Kook, Hwa Jung Yuk, Min Ho Yoon, and Sung-Chul Kim*

Department of Biological Chemistry, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

ABSTRACT: Spent mushroom substrate (SMS) has generally been used for the manufacture of animal feed and production of bio fuel. Limited research has been conducted in the utilization of SMS as a co-material for composting. Therefore, the main purpose of this study was to evaluate the feasibility of composting vegetable waste mixed with various ratios of SMS (30, 40, and 50%). The results showed that the C/N ratio decreased when both sawdust (from 22.0~28.8 to 17.7~20.4) and SMS (from 18.5~19.5 to 12.7~16.8) were applied for composing, owing to increased contents of nitrogen. A maturity test conducted using mechanical (Solvita) and germination tests revealed that both sawdust (92.0~101.9%) and SMS (87.8~89.2%) satisfied a criteria of maturity standard (70%). A correlation analysis between compost maturity and its chemical properties revealed that the C/N ratio and pH were the most dominant parameters for compost maturity. Overall, SMS could be utilized as a compost material and especially, vegetable waste mixed with SMS could provide sufficient nutrients for crop growth.

KEYWORDS: Vegetable waste, Spent mushroom substrate, Compost, Solvita, Germination

서 론

1980년대 이후 국내 경제발전이 급속하게 이루어지면서 식품소비량과 음식물쓰레기의 발생량이 급증하여 2013년 기준 매일 12,663 톤이 발생하고 있다. 음식물쓰레기는 크게 청과, 수산, 축산물의 제조, 가공, 유통과정에서 발생되는 부산물과, 조리 과정 및 식사 후에 남은 음식물로 나뉘며 유통, 조리과정에서 발생하는 음식물은 57%에 이른다 (MOE, 2010). 음식물쓰레기의 성상은 식재료에 따라

매우 다양하나 국내의 경우 채소성분의 조성 비율이 높으며 (Choi and Wan, 1994), 농수산물 시장에서 매일 약 370 톤의 채소 부산물이 발생되고 있다 (MOE, 2010). 현재 이러한 채소류 폐기물은 음식물류 폐기물 처리시설에서 다른 음식물쓰레기와 혼합하여 사료, 퇴비화 되고 있으나 자원화 방법이나 생산된 제품의 품질이 체계화되지 않고 민간업체마다 각기 다른 실정이다. 따라서 채소류 폐기물의 자원화에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 퇴비화는 미생물의 활동을 통해 유기물을 분해하여 안정화하는 과정으로, 유기성 폐기물의 재활용에 이용되어온 방법이다 (Epstein, 1996). 채소류 폐기물의 퇴비화 연구를 통해 음식물 유통과정에서 발생하는 채소류 폐기물의 퇴비화 가능성을 평가할 수 있으며 음식물쓰레기의 퇴비화 시 참고자료로 이용될 수 있을 것이다. 채소류 폐기물은 일반적으로 수분함량이 80~85%로 매우 높은 것이 특징으로 수분조절 및 탄소원 공급 등을 위해 부자재를 혼합하여 퇴비화 하여야 한다. 하지만 부자재로 주로 이용되는 톱밥의 수입가격이 상승하여, 이를 대체 할 코코피트, 왕겨 등의 부자재에 관한 연구가 진행되고 있다 (Park, 2003, Huh and Han, 1999). 버섯 수확 후 배지는 주 배지원료인 볏짚, 참나무, 미송톱밥, 콘코브 등의 유기

J. Mushrooms 2016 December, 14(4):237-243
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2016.14.4.237>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
 E-mail : sckim@cnu.ac.kr
 Tel : +82-42-821-6737, Fax : +82-42-821-6731

Received December 2, 2016
 Revised December 15, 2016
 Accepted December 20, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

물, 탄소함량이 높고 (Cheong et al., 2010, Kim et al., 2014) 미강, 비트펄프, 면실박, 건비지 등에 함유된 무기, 유기태 양분이 버섯 재배 후에도 약 80% 이상 남아있어 유기질 퇴비의 원료로서 가치가 높다 (Williams et al., 2001). 또한 버섯 수확 후 배지는 중금속, 잔류농약을 거의 함유하지 않기 때문에 퇴비제조에 유용하게 사용이 가능하다 (Kim et al., 2007). 선행 버섯 수확 후 배지의 활용 연구는 가축 사료 (Bae et al., 2006, Kim et al., 2010), 원예, 수도용 상토 (Lee et al., 2009, Oh et al., 2015), 바이오 연료화 (Kamei et al., 2014)가 있었으며, Zhang and Sun(2014)의 버섯 수확후 배지와 낙엽 등을 이용한 퇴비화 연구에서 버섯 수확후 배지 혼합 퇴비화 시 반응온도가 50~60°C에서 오래 유지되어 유기물 분해가 가속화 되었다고 하였다. 국내 버섯 생산량은 2014년 기준 18만 6천 톤으로 2000년에 10만 톤을 넘은 후 매년 꾸준히 증가하고 있다. 국내 버섯 생산량이 증가함에 따라 버섯을 생산하고 남은 버섯 수확 후 배지도 꾸준히 발생하고 있다. 이러한 버섯 수확 후 배지를 퇴비화 부자재 활용은 폐자원의 재활용이며 퇴비 부자재 재활용으로 인한 경제적 효과도 있을 것으로 판단된다. 퇴비 생산 시 가장 고려해야 될 부분은 퇴비의 부숙도 평가이다. 미부숙된 퇴비를 경작지에 시용 시 토양의 온도상승과 더불어 가스발생으로 인해 작물의 생육저해가 발생한다 (Chang et al., 2008). 최근 연구결과를 보면 2015년 전국의 음식물쓰레기 처리시설에서 생산된 총 32점의 퇴비의 부숙도를 평가한 결과, 약 47%의 음식물 활용 퇴비가 부숙기준을 미달하여 부숙기준을 미달하여 퇴비 부숙의 개선이 필요한 것으로 보고되었다 (Lee et al., 2015). 따라서 본 연구에서는 현재 퇴비화에 대한 재활용율이 낮은 채소부산물과 버섯 수확 후 배지를 이용하여 유기질 비료를 생산하는 기술을 개발하고 생산된 퇴비의 품질을 분석하여 고품질의 유기질 비료 생산 가능성을 평가하였다.

재료 및 방법

퇴비화 원료 및 장치

버섯 수확후 배지는 2016년 7월 대전 소재의 표고버섯 농가에서 수거하였으며 퇴비화에 이용된 채소 폐기물은 대전소재 농수산물 시장에서 발생한 채소 부산물을 이용

하였다. 퇴비화 과정을 비교하기 위하여 대조구로 이용된 계분은 가평소재 양계농가에서 수거하였다. 버섯 수확후 배지와 함께 부자재로 이용된 참나무 톱밥은 상품으로 구매하여 사용하였다. 퇴비화에 이용된 반응기(W36 × L61 × H30 cm)는 내부 용적 약 61L의 아이스박스를 이용하였으며 내부 바닥에 공기 주입기(MA-200, wave point, USA)를 설치하여 퇴비더미에 공기가 지속적으로 공급되도록 하였다. 또한 온도센서(EM50, Decagon devices, USA)를 퇴비 하단에 설치하여 온도를 측정하였다.

퇴비화 방법

퇴비화 시험을 위해 채소 부산물과 부자재를 각각 7 : 3, 6 : 4, 5 : 5 (w/w)로 혼합하여 처리하였다. 채소부산물과 톱밥을 비율별로 혼합한 처리구(FS)와 부자재로 버섯 수확 후 배지를 혼합한 처리구(FM)를 퇴비화 하였고 퇴비화 과정을 비교할 대조구(CS)로 계분과 톱밥을 7 : 3으로 혼합하여 퇴비화 하였다. 퇴비원료의 혼합비는 퇴비화의 적정 수분함량 50~60%를 고려하여 설정하였으며 (Bernal et al., 2009), Table 1에 나타내었다.

퇴비화 시험은 2016년 8월부터 9월까지 약 30일 간 진행하였으며, 시험 시작 후 5일 간격으로 교반하였다. 시료 채취는 플라스틱 샘플백에 약 200 g의 시료를 채취하여 40°C 오븐에서 건조 후 성분을 분석하였다.

퇴비 분석방법

퇴비 시료의 분석은 농촌진흥청에서 고시한 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준에 준하여 분석하였다. 수분

Table 1. Mixing ratio of composting mixture

	Mixing ratio(%, w/w)			
	Chicken manure	Food waste	Sawdust	Spent Mushroom Substrates
FS-3	-	70	30	-
FS-4	-	60	40	-
FS-5	-	50	50	-
FM-3	-	70	-	30
FM-4	-	60	-	40
FM-5	-	50	-	50

Table 2. Chemical properties of Composting substrates

	water contents (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	Organic matter (%)	Total Carbon (%)	Total Nitrogen (%)	C/N ratio
Chicken Manure	57.3	8.10	39.2	60.3	26.9	2.90	9.2
Food waste	79.5	4.26	47.4	67.9	37.1	2.23	16.9
Sawdust	29.8	4.83	2.3	74.1	45.8	0.94	48.7
Spent Mushroom Substrate	44.4	4.90	37.4	66.7	39.9	2.26	17.6

Table 3. Chemical properties of initial composting mixture(day=0)

	water contents (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	Organic matter (%)	Total Carbon (%)	Total Nitrogen (%)	C/N ratio
CS	43.0	8.10	39.2	60.3	38.8	2.37	16.4
FS-3	62.7	4.74	17.5	70.7	39.2	1.79	22.0
FS-4	61.9	4.69	15.8	71.7	39.6	1.42	27.9
FS-5	59.1	4.60	12.0	72.3	40.2	1.40	28.8
FM-3	66.1	4.51	47.0	66.0	35.2	1.76	20.0
FM-4	68.2	5.65	38.3	68.5	35.9	1.94	18.5
FM-5	69.3	6.05	30.6	69.8	37.8	1.99	19.0

함량은 105°C에서 5시간 건조하여 감량을 측정하였고 pH와 전기전도도(EC)는 시료와 증류수를 각각 1 : 10 (w/v)으로 혼합하여 1시간 교반 후 pH meter(MP 220, Mettler Toledo, Switzerland)와 EC meter(S230, Mettler toledo, Switzerland)로 측정하였다. 유기물 측정은 회화법을 이용하였으며 600°C에서 약 2시간 가열한 후 강열함량을 계산하였다. 퇴비의 총 탄소와 질소함량은 자동원소분석기(EA1112, Thermo Fisher Scientific, USA)을 이용해 분석하였다.

부숙도 평가

시험 종료 후 제조된 퇴비의 부숙도를 평가하기 위해 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준에 명시되어 있는 기계적부숙도 측정법(Solvita)과 종자발아시험을 이용하였다. Solvita 측정법은 제조사에서 제공한 시험방법을 바탕으로 측정용기에 표시된 부분까지 퇴비를 약 50g 채우고 이산화탄소와 암모니아 반응 패드를 꽂아 25°C에서 4시간 방치 후 색깔변화를 표준차트와 비교하여 분석하였다. 종자발아시험은 시료 1g에 증류수 50ml를 가하여 80°C에서 2시간 열수 침탕하였다. 추출된 용액은 여과한 후 무종자(*Raphanus sativus L.*) 30립을 넣은 90mm 페트리디시(petri dish)에 가하여 상온에서 5일간 배양하여 발아율

과 뿌리길이를 조사하였다. 대조구는 추출용액 대신 증류수를 이용하여 동일하게 배양한 무 종자의 발아를 이용하였다. 종자발아지수(Germination Index, GI)는 발아율(Germination rate, GR)과 뿌리길이(Root extension, RE)를 이용하여 지수화 한 것으로 다음의 식을 이용한다 (Lee et al. 2015).

$$GI = (GR \times RE)$$

$$GR = (\text{발아율} / \text{대조구 발아율}) \times 100$$

$$RE = (\text{뿌리길이} / \text{대조구 뿌리길이}) \times 100$$

상관관계 분석

퇴비의 부숙도와 이화학적 특성과의 유의적인 상관관계 (p<0.05)를 검증하기 위해 SPSS 22.0을 이용하여 이변량 상관관계(Bivariate correlation) 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

퇴비화 과정 중 화학성 변화

퇴비화 시험과정의 버섯 수확 후 배지와 채소 부산물 혼합 처리구의 온도 및 pH변화를 Fig. 1~2에 나타내었다. 퇴비화는 미생물의 대사에 의해 이루어지는 과정으로,

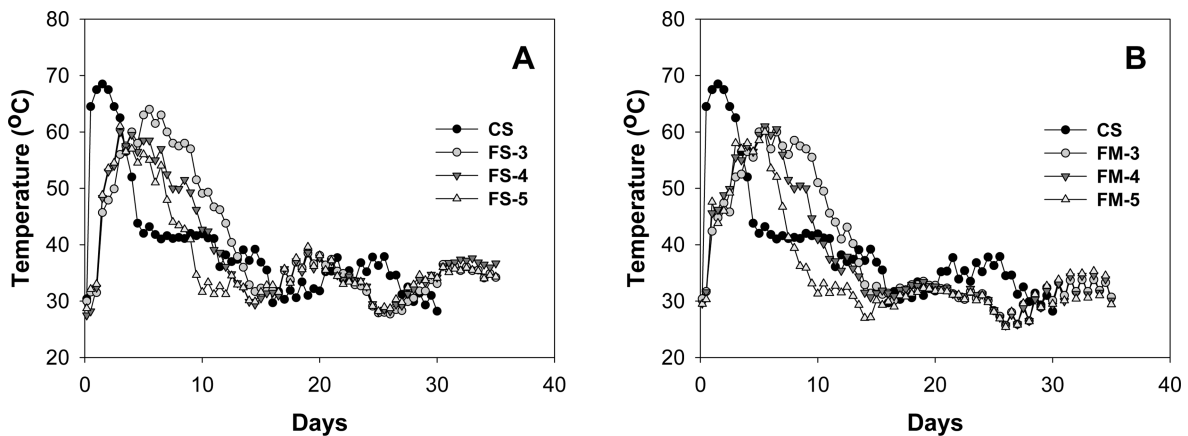


Fig. 1. Temperature profile during composting (A-Saw dust treat, B-Spent Mushroom Substrates treat)

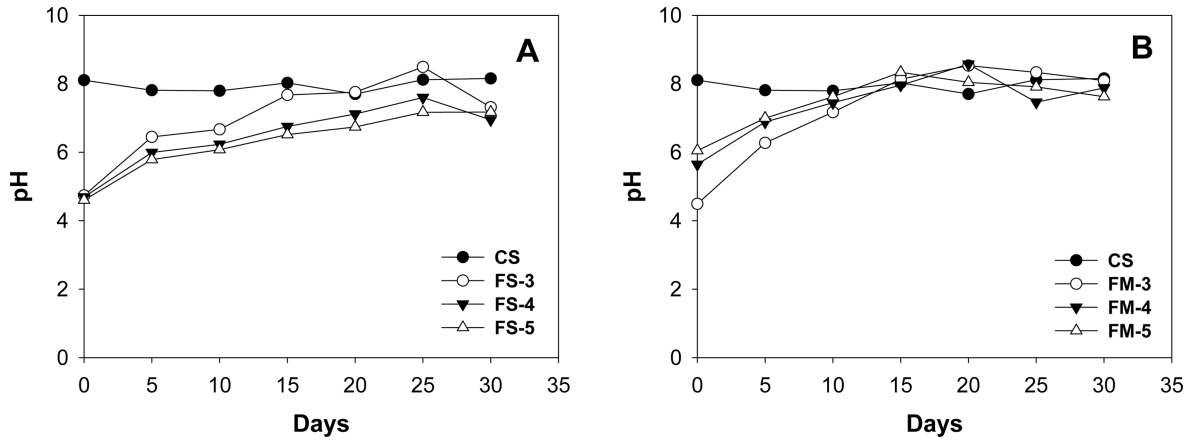


Fig. 2. pH profile during composting (A-Saw dust treat, B-Spent Mushroom Substrates treat)

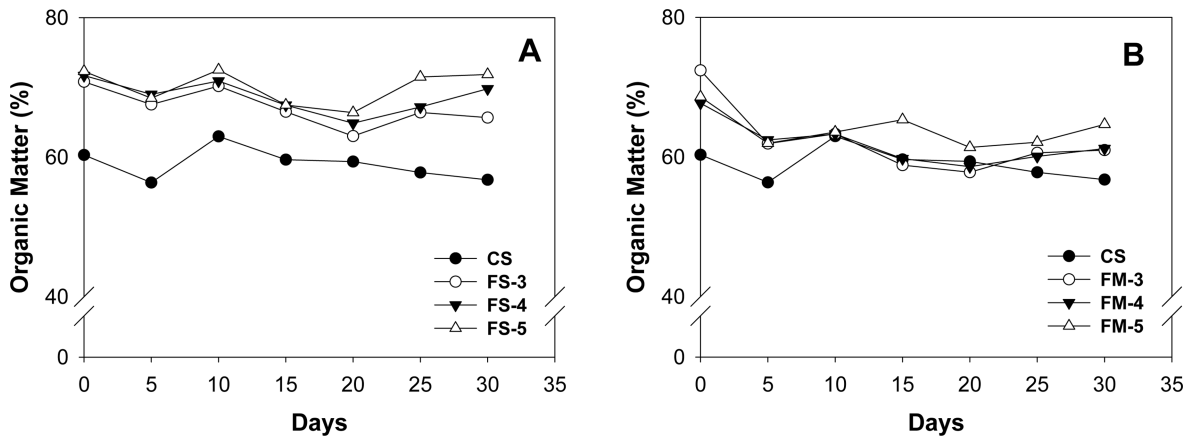


Fig. 3. Organic matter profile during composting (A-Saw dust treat, B-Spent Mushroom Substrates treat)

온도측정을 통해 퇴비화 진행정도를 알아볼 수 있다 (MacGregor et al., 1981). 퇴비화 중 온도변화를 측정할 결과 계분 처리구(C-1)에서 빠른 온도상승을 나타내어 퇴비화 시험 약 2일째에 최고온도 68.5°C를 나타내었으며 채소 부산물 처리구에서는 약 5일째에 최고온도 60~64°C까지 상승한 후 완만하게 감소하여 약 16일째 이후에는 모든 처리구에서 큰 변화를 보이지 않았다. 채소 부산물과 버섯 수확 후 배지 혼합 처리구(FM)의 온도변화는 톱밥 처리구(FS)와 비교하였을 때 큰 차이를 보이지 않았으며, 이는 시험에 이용된 버섯 수확 후 배지에 톱밥이 혼합되어 있기 때문으로 판단된다. 두 처리구 모두 채소 부산물과 부자재 7:3 혼합 처리구에서 가장 큰 온도변화를 나타내었으며 시험 약 4~10일째에 퇴비화의 최적온도로 알려진 55~65°C 사이를 유지하였다 (Choi et al., 2012).

퇴비화 시험 전 CS과 FS, FM의 초기에서 pH는 각각 8.10, 4.60~4.96, 4.51~6.05로 음식물쓰레기 처리구의 pH가 다소 낮게 나타났으나 퇴비화 과정 중 안정화 되어 최종퇴비에서 CS과 FS, FM의 pH는 각각 8.16, 6.95~7.31,

7.62~8.09를 나타내어 일반적인 퇴비의 pH 범위인 7~8 이내로 조사되었다 (Joo et al., 2007). 버섯 수확 후 배지 처리구에서 톱밥 처리구보다 높은 최종 pH를 나타낸 것은 원료에 혼합된 건비지, 미강 등으로 인해 질소원이 비교적 풍부하여 퇴비화 과정에서 단백질이 분해되며 더 많은 암모니아가 생성되었기 때문으로 판단된다 (Said-pulicino et al., 2007).

유기물 함량 및 C/N비 변화

퇴비화 초기 유기물 함량은 CS에서 60.3%, FS과 FM에서 각각 70.7~72.3, 67.7~71.6%로 높게 나타났으며 퇴비화 과정 중 유기물의 분해로 감소하여 최종퇴비의 CS에서 56.8%, FS, FM에서 각각 65.7~71.9, 61.0~64.7%로 나타났다. 퇴비화 종료 후 모든 처리구에서 비료공정규격 (RDA, 2013)의 유기물 함량 기준 30%를 충족하였으며, 유기물 감소폭이 크지 않은 것은 톱밥과 버섯 수확 후 배지에 분해가 어려운 리그닌, 셀룰로오스가 다량 함유되어 있기 때문으로 판단된다. 퇴비화 시험 중 유기물 함량변화는 Fig. 3에 나타내었다.

Table 4. Chemical properties of final compost(day=30)

	water contents (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	Organic matter (%)	Total Carbon (%)	Total Nitrogen (%)	C/N ratio
CS	43.9	8.16	47.1	56.8	36.5	2.56	14.2
FS-3	66.5	7.31	15.2	70.1	39.5	1.93	17.7
FS-4	59.7	6.95	11.9	70.2	38.7	1.70	20.4
FS-5	55.5	7.17	7.7	72.0	39.7	1.59	22.7
FM-3	67.5	6.60	26.9	62.6	37.9	2.26	12.7
FM-4	63.5	8.09	26.4	64.4	37.7	2.34	16.8
FM-5	59.6	7.88	26.7	65.6	38.2	2.22	16.1

퇴비화 조건 중 C/N비는 미생물 활성화에 중요한 인자이다. 미생물 생육에 적합한 C/N비는 25~35이며 이보다 낮을 경우, 질소가 암모니아 가스로 휘발되며 50이상으로 과도하게 높을 경우 질소기아가 발생해 미생물의 활동이 제한된다.

본 시험에서 C/N비는 초기 CS에서 16.4, FS, FM에서 각각 22.0~28.8, 18.5~19.5로 나타났으며 퇴비화 후 모든 처리구에서 소폭 감소하였다. 이러한 감소는 퇴비화 후 질소함량이 증가하였기 때문이다. 퇴비화 과정에서 부식 물질의 재합성 및 미생물의 고정으로 인해 질소함량은 증가하며 (Ryu et al., 2010), 본 연구에서도 이러한 경향을 보여 퇴비화 전 질소함량은 CS에서 2.37%, FS, FM에서 각각 1.39~1.79, 1.94~2.07% 였으나 퇴비화 후 모든 처리구에서 증가하여 CS에서 2.56%, FS, FM에서 각각 1.59~1.93, 2.22~2.34%로 나타났다. 최종 퇴비의 경우 채소부산물에 기존의 톱밥보다 버섯 수확 후 배지를 혼합하여 처리한 퇴비에서 질소함량이 높게 조사되어 비료적 가치가 더 우수한 것으로 판단된다.

퇴비의 부숙도

30일의 퇴비화 시험 종료 후 부숙도 평가 결과는 Table 5에 나타내었다.

Solvita 부숙도 평가는 퇴비의 암모니아, 이산화탄소 가스 발생정도를 측정하여 부숙도를 판정하는 것으로 측정 결과 모든 처리구에서 비료공정규격 기준 4 이상을 충족하였다. 부숙도 지수는 CS < FM < FS 순으로 나타났으며 이는 FS 처리구보다 CS, FM에서 수분함량이 높아 퇴비 더미 내부의 통기성 감소로 암모니아 가스가 더 느리게 휘발되었기 때문으로 판단된다. 종자발아지수 조사 결과 CS에서 92.8, FS과 FM에서 각각 92.0~101.9, 87.8~89.2로 조사되었으며 비료공정규격의 부숙도 기준 발아지수 70이상을 충족하였다.

퇴비화 과정 중 이화학적 특성 변화와 퇴비 품질의 상관관계

본 연구에서는 퇴비화 과정에서 조사된 이화학적 특성

Table 5. Maturity Indices of final compost

	Solvita Maturity Index	Germination Index
CS	4	92.8
FS-3	6	99.4
FS-4	7	101.9
FS-5	7	97.2
FM-3	6	87.8
FM-4	5	92.2
FM-5	5	89.2

의 최종퇴비의 부숙도와 상관관계 분석을 위하여 퇴비화 과정의 간접적 지표인 평균온도, 퇴비화 초기 수분함량과 C/N비, 퇴비화 과정 중 유기물의 감소량, 최종퇴비의 pH, EC를 이용하였고, 부숙도 지수는 비료공정규격상의 부숙도 측정방법 중 주로 이용되는 기계적 부숙도 측정방법(Solvita)과 종자발아시험을 통해 산출하였다 (Table 6).

상관관계 분석결과 Solvita 부숙도 지수의 경우 퇴비화 초기 C/N 비와 최종퇴비의 pH, EC와 유의한 상관관계가 있었다 (p<0.05). C/N비와는 강한 양의 상관관계를 나타내었고(pearson 상관계수 0.7 이상) pH와 EC의 경우 강한 음의 상관관계를 보였다. 즉 최적 퇴비화 조건 범위내에서 초기 C/N비는 증가할수록, 최종 pH, EC는 감소할수록 Solvita 부숙도 지수는 높아지는 경향을 보였다. 종자발아시험을 통한 종자발아지수(GI)의 경우, 평균온도, 초기 수분함량, C/N비, 최종 퇴비의 pH, 유기물 감소량과 유의적인 상관관계를 보여 EC를 제외한 모든 이화학적 특성들과 상관관계를 보여주었다. 평균온도, C/N비, 유기물감소량과는 양의 상관관계를 나타내었으며, 초기 수분함량, 최종 pH와는 음의 상관관계를 나타내었다. 따라서 퇴비화 중 평균온도, 유기물 감소량이 상승하고, 초기 퇴비의 수분함량과 최종퇴비의 pH가 낮아질 때 부숙도는 상승하는 경향을 보였다.

Table 6. Results of Correlation analysis

Physicochemical Properties During composting	Solvita Maturity Index		Germination Index	
	Pearson coefficient of correlation	P-value	Pearson coefficient of correlation	P-value
Average temperature	0.114	0.622	0.435 [*]	0.049
Water contents of Initial compost	0.085	0.715	-0.461 [*]	0.036
C/N ratio of Initial compost	0.896 ^{**}	0.000	0.752 ^{**}	0.000
pH of final compost	-0.796 ^{**}	0.000	-0.834 ^{**}	0.000
EC of final compost	-0.682 ^{**}	0.001	-0.361	0.108
Organic matter losses during composting	0.296	0.193	0.786 ^{**}	0.000
Solvita Maturity Index	1	-	0.591 ^{**}	0.005
Germination Index	0.591 ^{**}	0.005	1	-

* P<0.05, ** P<0.01

결론

버섯 수확 후 배지의 퇴비화 부자재로서의 활용성을 검토하고자 채소 부산물과 버섯 수확 후 배지, 톱밥을 비율 별로 혼합하여 퇴비화 하였으며, 대조구로 계분과 톱밥을 혼합하여 처리하였다. 또한 퇴비화 과정 중 여러 이화학적 특성의 변화에 따른 최종퇴비의 부숙도에 대한 영향을 알아보기 위해 통계적 기법을 이용하여 상관관계를 분석하였다. 퇴비화 결과 온도변화는 온도 상승과정과 최고온도를 고려하였을 때 기존의 부자재인 톱밥과 유사한 온도 변화를 보였으며, 퇴비화 이전 pH는 모든 채소 부산물 처리구에서 산성을 나타내었으나 시험 종료 후 일반적인 퇴비의 pH 범위 7~8로 조사되었다. 퇴비화 과정 중 유기물 함량은 모든 처리구에서 소폭 감소하였으며 반면 질소함량은 증가하였다. 초기 계분처리구(C-1), 채소 부산물 및 톱밥 처리구(F-1), 버섯 수확 후 배지 처리구(F-2)의 질소 함량은 2.37, 1.39~1.79, 1.94~2.07%로 조사되어 버섯 수확 후 배지 혼합 처리구에서 톱밥 처리구보다 높게 나타났다. 이는 표고 버섯 수확 후 배지에 혼합된 미생으로 인한 것이다. 최종 퇴비의 부숙도 결과 Solvita 부숙도 지수, 종자발아지수(GI)가 비료공정규격 상 기준을 모두 만족하였다. 퇴비화 과정 중 이화학적 특성과 부숙도와의 상관관계를 분석한 결과 Solvita 부숙도 지수는 퇴비화 초기 C/N비, 최종 퇴비의 pH 및 EC와 유의적인 상관관계(p<0.05)를 보였으며 종자발아지수는 퇴비화 중 평균온도, 유기물 감소량, 초기 수분함량, C/N비, 최종 pH와 강한 상관관계를 나타냈다.

본 연구에서는 버섯 수확 후 배지의 퇴비화 부자재 활용가능성을 평가하였으며 최종퇴비의 부숙도와 퇴비화 중 이화학적 특성변화와의 상관관계를 조사하였다. 버섯 수확 후 배지의 퇴비화 결과 최종퇴비에서 비료공정규격상의 퇴비 조건을 만족하였으며 톱밥 혼합 퇴비보다 질소함량이 더 높게 나타나 비료적 가치가 높은 것으로 판단된

다. 최종퇴비의 부숙도와 이화학적 특성간의 상관관계 조사 결과 Solvita 부숙도 측정법과 종자발아시험 결과에서 상관관계를 나타내었으며 특히 종자발아시험을 통한 종자발아지수의 경우 EC를 제외한 모든 항목에서 강한 상관관계를 나타내어 퇴비화 과정 중 이화학적 특성 변화를 조사하여 간접적으로 부숙도를 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgement

We gratefully acknowledge the financial support of “Technology for establishing quality standards of food waste compost and evaluation in its application to agriculture” (Project No. PJ010925032016) by Rural Development Administration, Republic of Korea.

참고문헌

Bae JS, Kim YI, Jung SH, Oh YG, Kwak WS 2006. Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom (*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Flammulina velutipes*) substrates as a roughage source for ruminants. *J Kor Anim Sci Technol.* 48:237-246

Bernal MP, Alburquerque JA, Moral R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresour. Technol.* 100:5444-5453.

Chang KW, Hong JH, Lee JJ, Han KP, Kim NC. 2008. Evaluation of compost maturity by physico-chemical properties and germination index of livestock manure compost. *Korean J Soil Sci Fertil.* 41:137-142.

Cheong JC, Jhune CS, Lee CJ, Oh JA. 2010. Physico-chemical characteristics and utilization of raw materials for mushroom substrates. *Kor J Mycol.* 38:136-141.

Choi IW, Seo DC, Kang SW, Seo YJ, Lee SG, Kang SJ, Lim BJ, Lee JB, Heo JS, Cho JS. 2012. Evaluation of possibility of water plant wastes in composting for agricultural recycling. *Korean*

- J Soil Sci Fertil.* 45:248-252.
- Choi JY, Wan N. 1994. Composting of food waste containing large amount of vegetable. *J Kor Organic Resour Recyc Assoc.* 2:1-9.
- Epstein E. 1996. The science of composting. pp. 13-15, CRC press. United States.
- Huh M, Han JY. 1999. A basic experimental study on composting of garbage wastes by coconut peat. *J Kor Organic Resour Recyc Assoc.* 7:105-111.
- Joo JH, Kim DH, Yoo JH, Ok YS. 2007. The effect of some amendments to reduce ammonia during pig manure composting. *Korean J Soil Sci Fertil.* 40:269-273.
- Kamei I, Nitta T, Nagano Y, Yamaguchi M, Yamasaki Y, Meguro S. 2014. Evaluation of spent mushroom waste from *Lentinula edodes* cultivation for consolidated bioprocessing fermentation by *Phlebia* sp. MG-60. *Inter Biodet Biodeg.* 94:57-62.
- Kim CH, Oh TS, Shin DG, Cho YK, Kim YW, Ann SW 2014. Study on the development of horticulture media using recycled used mushroom media. *J Envir Sci Internat.* 23:303-312
- Kim JE, Park SK, Kim TW, Mun M, Koh JS, Jeong SK, Kook K. 2010. Effect of feeding fermentation of spent mushroom substrate (FSMS) on growth performance in broiler chicks. *Kor J Vet Serv.* 33:387-392
- Kim YI, Bae JS, Huh JW, Kwak WS. 2007. Monitoring of feed-nutritional components, toxic heavy metals and pesticide residues in mushroom substrates according to bottle type and vinyl bag type cultivation. *J Kor Anim Sci Technol.* 49:67-78
- Lee CJ, Cheong JC, Jhune CS, Kim SH. 2009. Applicability of spent mushroom media as horticultural nursery media. *Korean J Soil Sci Fertil.* 42:117-122.
- Lee CH, Park SJ, Kim MS, Yun SG, Ko BG, Lee BB, Kim SC, Oh TK. 2015. Characteristics of compost produced in food waste processing facility. *Kor J Agric Sci.* 42:177-181.
- MacGregor ST, Miller FC, Psarianos KM, Finstein MS. 1981. Composting process control based on interaction between microbial heat output and temperature. *Applied Envir Microbiol.* 41:1321-1330.
- MOE(Ministry of environment) 2010. Strategies for reducing food waste.
- Oh TS, Park YJ, Kim TK, Kim CH, Cho YK, Kim SM, Shin DI, Koo HM, Jang MJ. 2015. Evaluate spent mushroom substrate for raising bed soil of rice. *J Mushrooms.* 13:250-255
- Park SH. 2003. Effects of chaff on aerobic composting of food wastes. *Kor J Envir Health.* 29:56-61.
- RDA(Rural development administration). 2013 Sampling and analysis methods for fertilizer
- Ryu JH, LeeJJ, Hong JH, Chang KW, Lee GS, Park GS, Han KP. 2010. The study on the composting by using dam suspended particle sawdust and sewage sludge. *J Kor Organic Resour Recyc Assoc.* 18:98-103.
- Said-Pullicino D, Erriquens FG, Gigliotti G. 2007. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresour Technol.* 98:1822-1831.
- Williams BC, McMullan JT, McCahey S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresour Technol.* 79:227-230.
- Zhang L, Sun X. 2014. Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. *Bioresour Technol.* 171:274-284.